

# 中華民國第42屆中小學科學展覽會

::: 作品說明書 :::

## 高中-生物科

科 別：生 物 科

組 別：高 中 組

作品名稱：電磁波對植物的影響

關 鍵 詞：電磁波、植 物

編 號：040701

---

學校名稱：

國立臺南第二高級中學

作者姓名：

張茂權

指導老師：

林守輝



## 一、摘要

隨著科技不斷進步，無線通訊設備大量的使用，科技造福了人類，但也帶來了傷害。本研究探討水蘊草、綠豆、萵苣、阿拉伯芥受電磁波影響後，從細胞到整個植株所產生的反應，以了解電磁波是否對不同植物生長具有共同的效應。由本研究的實驗結果知水蘊草葉片細胞受電磁波干擾後，有光化學反應的平均為 67%，而由綠豆、萵苣、阿拉伯芥生長實驗的結果得知受電磁波影響後，植物都長得比一般環境下的植物還高。

## 二、研究動機

近年來科技快速進步，尤其是個人無線通訊設備大量的使用，科技造福了人類，但也帶來了傷害。報章、電視上等常常有提到電磁波對人類及動物的影響，但卻極少報導電磁波對植物影響的研究，故激起想探討電磁波對植物生長與生態影響之研究。

## 三、研究目的

探討不同植物受電磁波影響後，從細胞到整個植株所產生的反應，以了解電磁波是否對不同植物生長具有共同的效應，進而推及到電磁波可能對於整個植物生態所造成影響。

## 四、研究設備及器材

### A.設備：

(1)顯微鏡(含十倍接目鏡及十倍接物鏡) (2)數位攝影機 (3)電腦(Apple i Movie、Adobe Photoshop 軟體) (4)Lego Dacta控制器(含 Lego Dacta 控制介面與 Lego Dacta Control Lab 軟體) (5)示波器 (6)高斯計 (7)電源供應器 (8)手機(已插上通話卡) (9)溫度計 (10)冷氣機(調控溫度) (11)紫外線殺菌機 (12)組織固定、脫水機 (13)包埋機 (14)染色機 (15)切片機。

### B.器材：

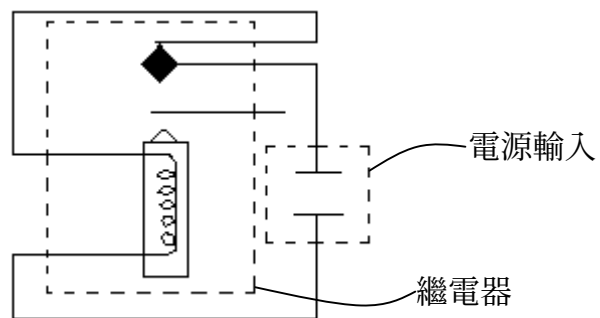
(1)Fire Wire(IEEE-1394)傳輸線 (2)載玻片與蓋玻片 (3)3V 繼電器 (4)無磁喇叭 (5)麥克風 (6)音源線 (7)濾光鏡 (8)攝影機角架 (9)攝子 (10)錫箔紙 (11)水蘊草 (12)植物種子(綠豆、萵苣、阿拉伯芥) (13)海棉 (14)膠帶 (15)透明塑膠袋 (16)圓筒貯藏盒 (17)1000 $\mu$ F 極性電容器 (18)有洞小盒子(組織固定與脫水專用) (19)培養皿 (20)紗布。

## 五、研究過程或方法

### 壹、水蘊草實驗系統

#### (一)電磁波產生器—繼電器電鈴的製作

- 1.將繼電器以圖(一)的電路接好，便成為一個”繼電器電鈴”，利用繼電器內部金屬片振動，在金屬觸碰點上產生寬頻的電磁波。
- 2.把”電磁波產生器”用海棉包好後再用膠帶包好(用以降低噪音)，並把電線連出膠帶的兩端，如圖(二)。
- 3.用高斯計測量電磁波產生器所產生的強度分布，並在最強的地方作記號。



圖(一)



圖(二)

## (二)壓克力實驗箱製作

- 1.切割厚 1 公分的壓克力板當作底座, 另割一個厚 0.5 公分和底座相同大小的壓克力板作為實驗箱上蓋。
- 2.切割三塊厚 0.5 公分的長條壓克力板, 作為基座上的支柱, 再切兩塊小壓克力板使支柱穩定。
- 3.將各壓克力板用膠水黏好(上蓋除外), 並在上蓋與支柱間黏上四塊軸承。
- 4.最後, 在上蓋部分貼上黑色貼紙即完成實驗箱, 如圖(三)。



圖(三)

### (三)水蘊草試片製作及顯微鏡實驗安置

- 1.用一支鑷子將水蘊草的莖夾好，再用另一鑷子把水蘊草的葉片撕下，將其置於載玻片上，加上少許的水。
- 2.用凡士林油塗在蓋玻片的四周並蓋上載玻片(用以防止水分流失)如圖(四)。
- 3.以電磁波產生器與手機產生電磁波最強的方位，將其安置於顯微鏡的置物台上，數位攝影機和電腦的架設與安裝如附錄(一)。
- 4.在顯微鏡的光源處裝上濾光鏡，如圖(五)使光色由黃變白。



圖(四)



圖(五)

組裝完水蘊草實驗系統如圖(六)：



圖(六)



## 貳、發芽實驗系統

### (一)綠豆發芽實驗

- 1.將綠豆置於潮溼衛生紙上，放入冰箱的冷鮮層中(約 10°C)二天，對綠豆進行催牙(讓綠豆能在短時間發芽，並藉此將壞種子去除，以提高實驗時的發芽率)，如圖(七)。
- 2.在三個”圓筒貯藏盒”中放入相同量的棉花球、已催芽綠豆及水，圓筒貯藏盒、棉花球和水都經過紫外線殺菌(防止細菌及黴菌在圓筒貯藏盒中使綠豆的根、莖、葉與子葉腐爛)。
- 3.將三個圓筒分別標上 A、B、C，其中 A 圓筒用黑色色紙與不透明膠帶包好(用以吸收電磁波產生器所產生的電磁波並防止可見光照射)，B 圓筒用錫箔紙包好(用以隔離電磁波產生器所產生的電磁波並防止可見光照射)，而 C 圓筒則放於有可見光的地方並遠離電磁波產生器所產生的電磁波以免受其干擾。圓筒 A、B、C 如圖(八)所示。
- 4.將電磁波產生器所發出電磁波最強的方位，用膠帶貼到 A 圓筒之側邊，將電磁波產生器接上電源，連續發出電磁波四天，如圖(九)。



圖(七)



圖(八)





圖(九)

## 5.發芽綠豆切片與染色

### (1)切片

把 A、B、C 三圓筒中的發芽綠豆切割成莖、子葉、葉各一塊，將其放置於一有洞小盒子中，接著放入組織固定、脫水機如圖(十)中進行組織脫水，完成後再放入包埋機如圖(十一)，包埋完成後即可進行切片。

### (2)染色

將已切片完成的試片放入染色機如圖(十二)中進行染色處理。



圖(十)



圖(十二)



圖(十一)

## (二) 萵苣發芽實驗

- 1.在五個”圓筒儲藏盒”中放入等量的棉花球、萵苣種子及水(除了種子外，其餘器材皆經過紫外線殺菌)如圖(十三)。
- 2.將電磁波產生器放於五圓筒的中間，把電磁波產生器接上電源，進行電磁波干擾，並將五個圓筒置於黑箱內。



圖(十三)

### (三)手機改裝與設定

礙於經費有限，本實驗以自己的 Ericsson 手機並搭配”遠傳電信”作為手機通訊業者以進行電磁波影響實驗。

手機改裝與設定如附錄(三)。將改裝後的手機與電源供應器接好後，手機裝置部分即完成，如圖(十四)。



圖(十四)

#### (四)Lego Dacta 控制系統

- 1.將電腦與 Lego Dacta 介面卡以序列傳輸線接好並將介面卡的電源接上。
- 2.在電腦上安裝”Lego Dacta Control Lab”應用軟體。
- 3.啟動軟體，並切換到”程式編寫頁(Procedure Page)”進行程式撰寫工作(程式原始碼與程式註解見附錄(四))。
- 4.將程式執行數次，測試程式與系統。

#### (五)阿拉伯芥及萵苣發芽實驗

1.在五個培養皿中各放入紗布，再放入等量的阿拉伯芥及萵苣種子—分別放入三種不同的萵苣：粉紅色--美國大球萵苣、白色--半結球萵苣、黑色--稠葉萵苣，最後加入等量的水，以上除了種子外，其餘器材皆已經過紫外線殺菌，並將培養皿蓋子用膠帶封好，將其中的三個培養皿放於壓克力實驗箱上，如圖(十五)。再把另外兩個培養皿分別放置於可見光下及電磁波隔離的暗室。

2.開啟”Lego Dacta Control Lab”軟體，執行”startup”程式，將手機開機。手機開機後執行”call”程式，使手機撥號，進行手機電磁波對阿拉伯芥及萵苣的影響實驗。



圖(十五)

上述發芽實驗整體系統如圖(十六)所示：



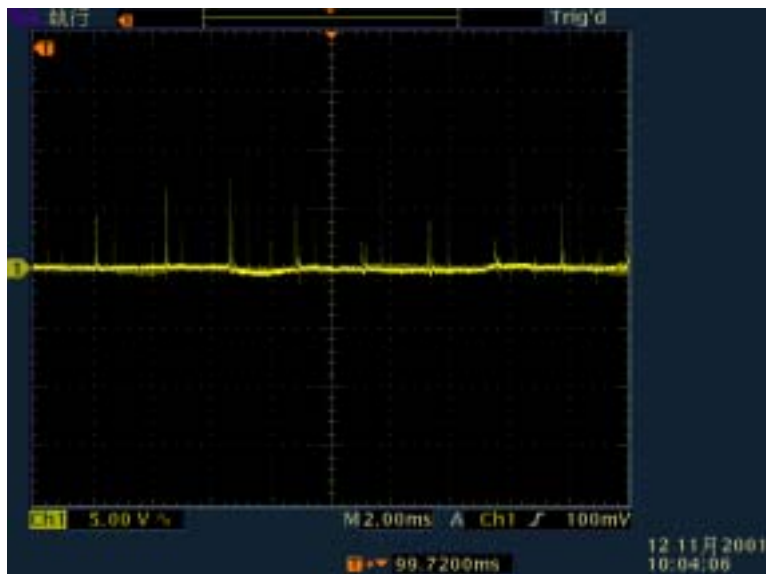
圖(十六)

## 六、研究結果

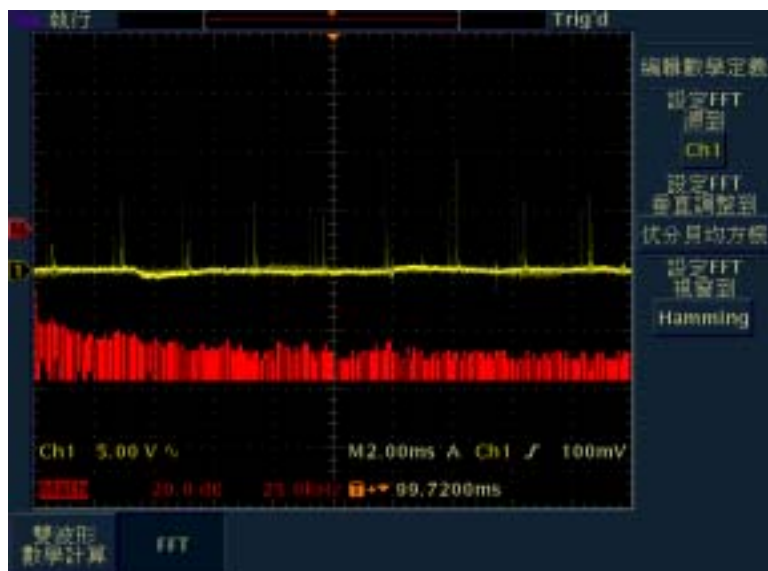
### 壹、電磁波產生器(繼電器)

#### (一)電磁波之特性分析

示波器設置與測試如附錄(五)。將示波器電源開啟，測量出每次繼電器所發出的脈衝波時間間格約 1.5 ms，換算成頻率約 667Hz。繼電器產生的電磁波波形如圖(十七)，頻譜分析結果如圖(十八)。



圖(十七)



圖(十八)

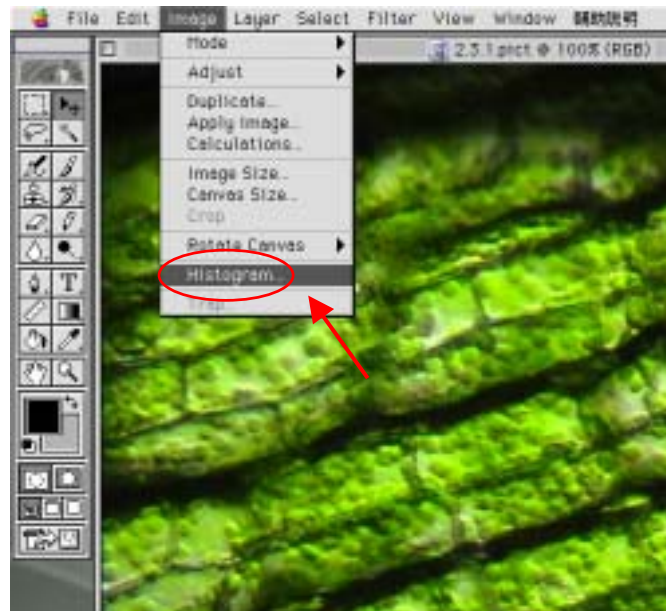
圖(十八)中紅色部分為繼電器電磁波的頻譜，可知此脈衝電磁波的頻率很廣且強度均勻，理論上脈衝信號的頻寬分布為無限寬廣，但由於功率太小的因素，所以其頻率約  $10^5 \text{ Hz} \sim 10^7 \text{ Hz}$  之間，如附錄(六)。



## (二)聲音、電磁波對水蘊草影響情形

實驗前 3 分鐘拍攝不受任何干擾，後 57 分鐘分別以聲波及電磁波進行干擾實驗。

使用 Photoshop 中的”Histogram”(直方分布圖)分析功能如圖(十九)，分別對干擾開始前和干擾後的照片進行三色系(紅、綠、藍)的分析，圖形與數值比較表分別如下：

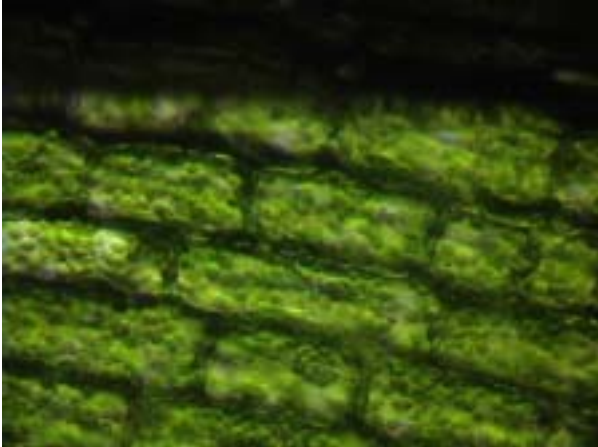


圖(十九)

## 1. 聲波

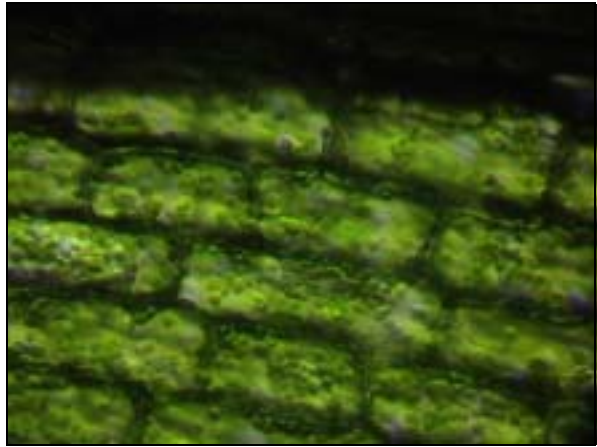
由於電磁波產生器會產生噪音，為要了解是否噪音會影響實驗結果，便將其振動聲波錄好，再由無磁喇叭連續放出聲波 57 分鐘，以了解是否聲波會影響。

聲波開始播放前

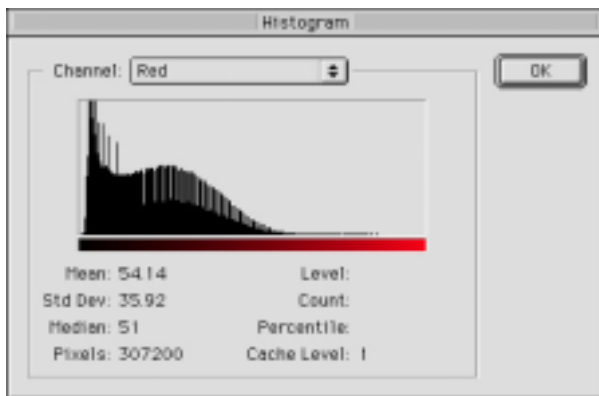


圖(二十)

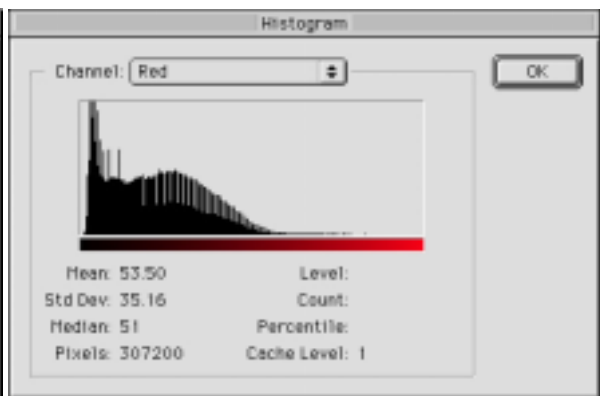
聲波停止播放時



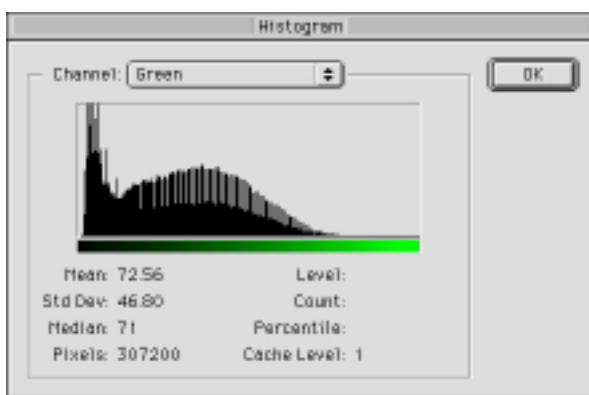
圖(二十一)



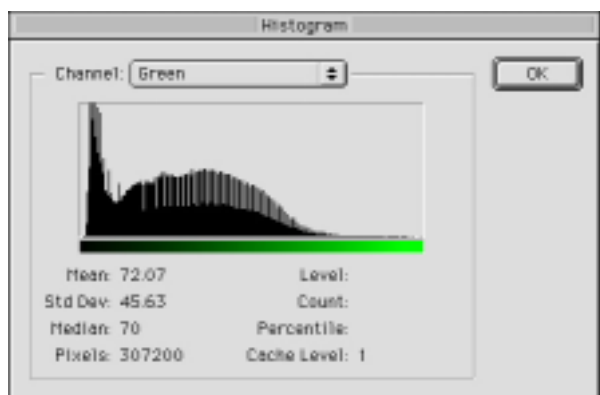
圖(二十二)



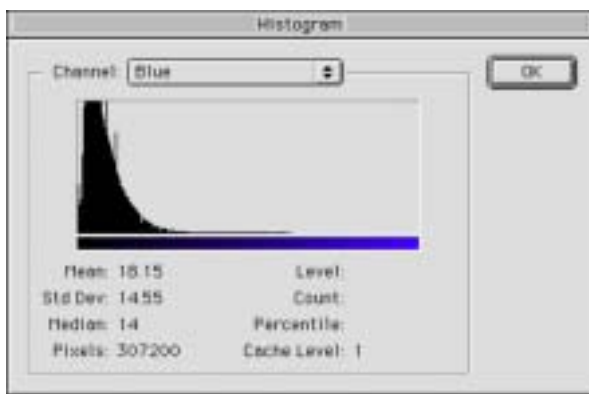
圖(二十三)



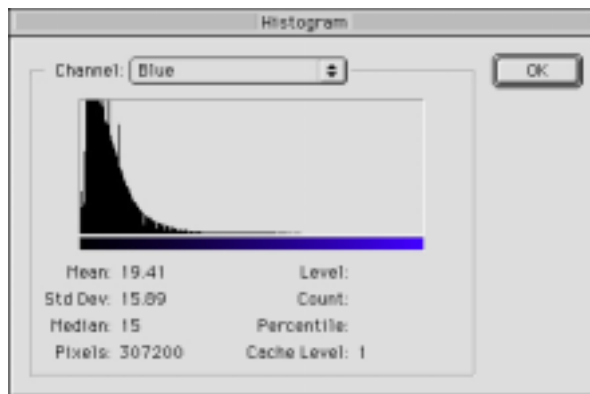
圖(二十四)



圖(二十五)



圖(二十六)



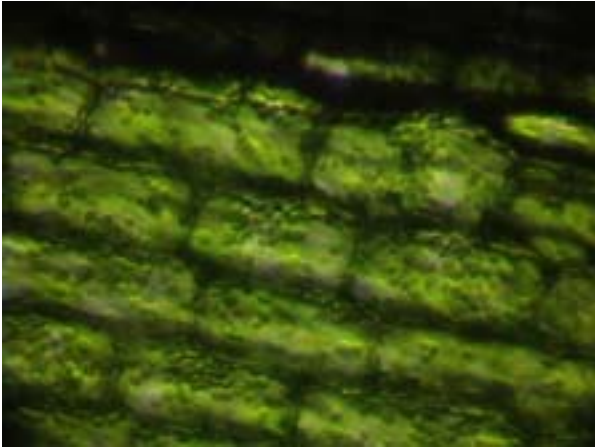
圖(二十七)

由前面圖片(二十二)到(二十七)可發現紅色色系與綠色色系的 Mean 值皆有稍微衰減的現象，只有藍色色系的 Mean 值有略增的情形。

2.電磁波

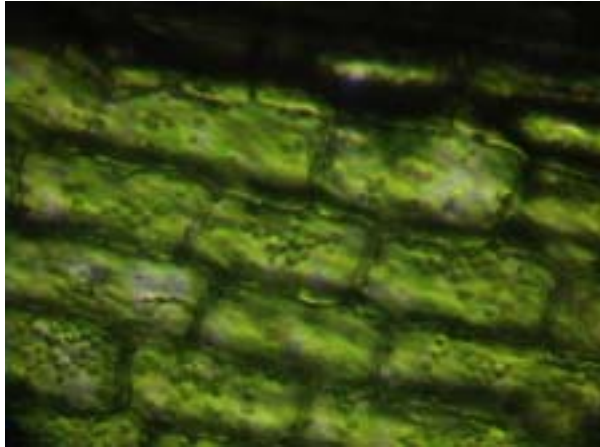
將電磁波產生器以圖(一)的電路接好後放於細胞近處，插上電源進行干擾實驗。

電磁波影響前

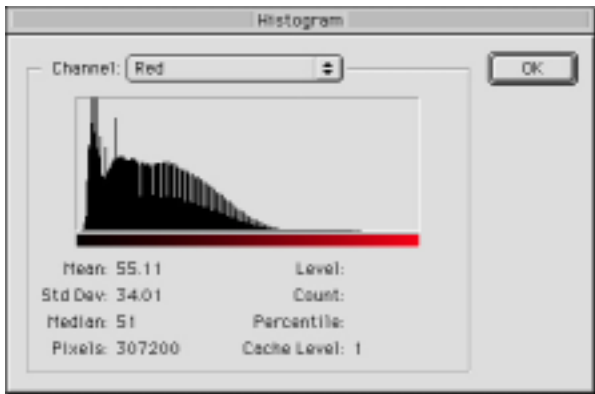


圖(二十八)

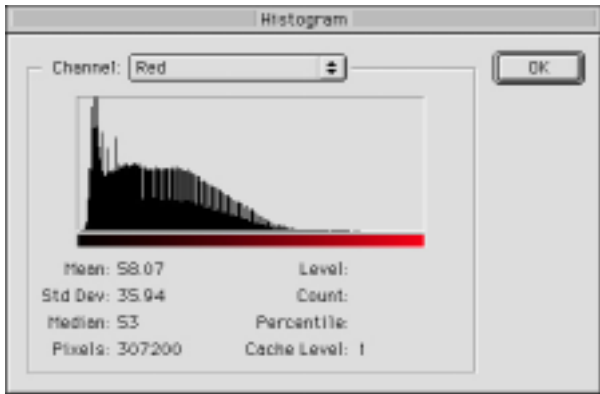
電磁波影響後



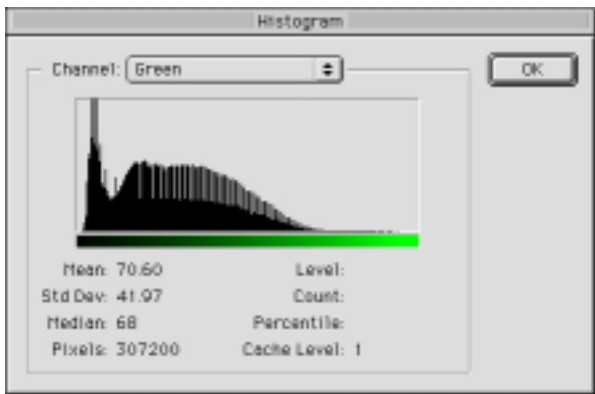
圖(二十九)



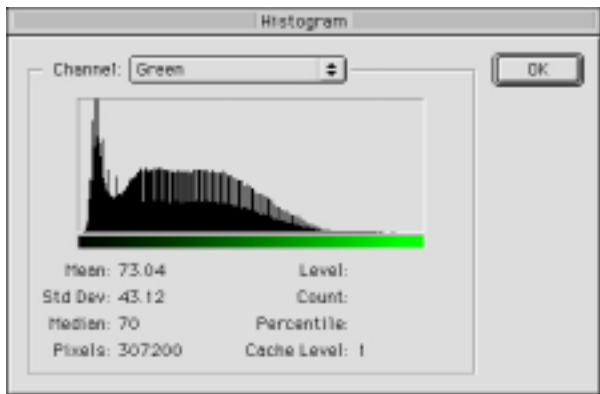
圖(三十)



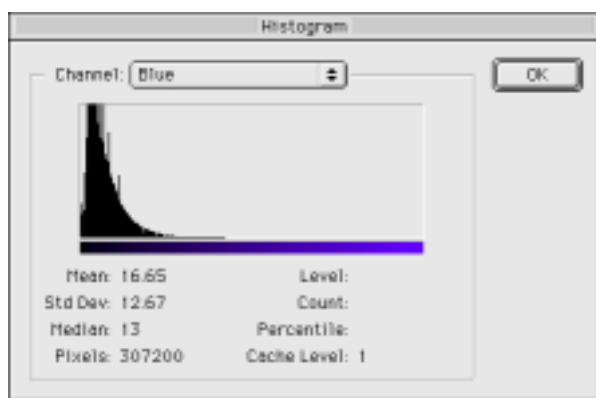
圖(三十一)



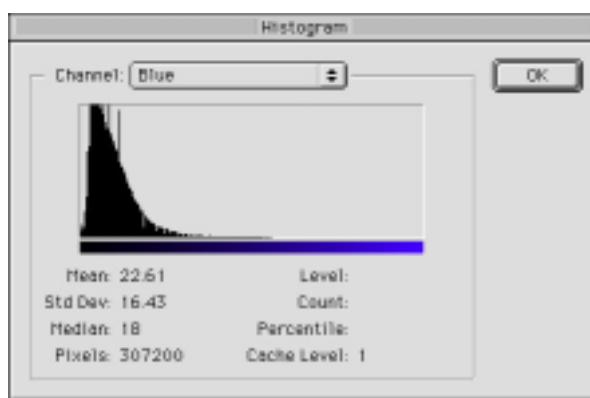
圖(三十二)



圖(三十三)



圖(三十四)



圖(三十五)

由前面圖片(三十)到(三十五)可發現紅、綠、藍三色系的 Mean 值皆有增加，表示在受電磁波影響後，水蘊草葉片細胞吸收了電磁波而產生光化學反應。

聲波與電磁波的 Histogram 數值比較如表(一)

表(一)

溫度  $28^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$

| 色系    | Histogram    |            |             |            |             |            |               |            |             |            |             |            |
|-------|--------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|---------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
|       | 3min(Mean 值) |            |             |            |             |            | 57min(Mean 值) |            |             |            |             |            |
|       | 紅            |            | 綠           |            | 藍           |            | 紅             |            | 綠           |            | 藍           |            |
|       | First Frame  | Last Frame | First Frame | Last Frame | First Frame | Last Frame | First Frame   | Last Frame | First Frame | Last Frame | First Frame | Last Frame |
| A.聲波  | 56.45        | 54.14      | 74.86       | 72.56      | 19.42       | 18.15      | 54.14         | 53.50      | 72.56       | 72.07      | 18.15       | 19.41      |
| B.電磁波 | 58.19        | 55.11      | 73.90       | 70.60      | 18.49       | 16.65      | 55.11         | 58.07      | 70.60       | 73.04      | 16.65       | 22.01      |

由(A)聲波與(B)電磁波的結果可以得知：繼電器所發出的聲波對水蘊草葉片細胞產生的光化學反應極微，而電磁波對水蘊草葉片所產生的光化學反應影響相對較明顯。

### (三)電磁波對植物的影響

#### 1.水蘊草實驗

實驗前 3 分鐘不進行電磁波干擾，後 57 分鐘分別提供 3 與 4.5 伏特給電磁波產生器來產生電磁波進行連續干擾。

#### (1)3 伏特供應電磁波產生器之實驗

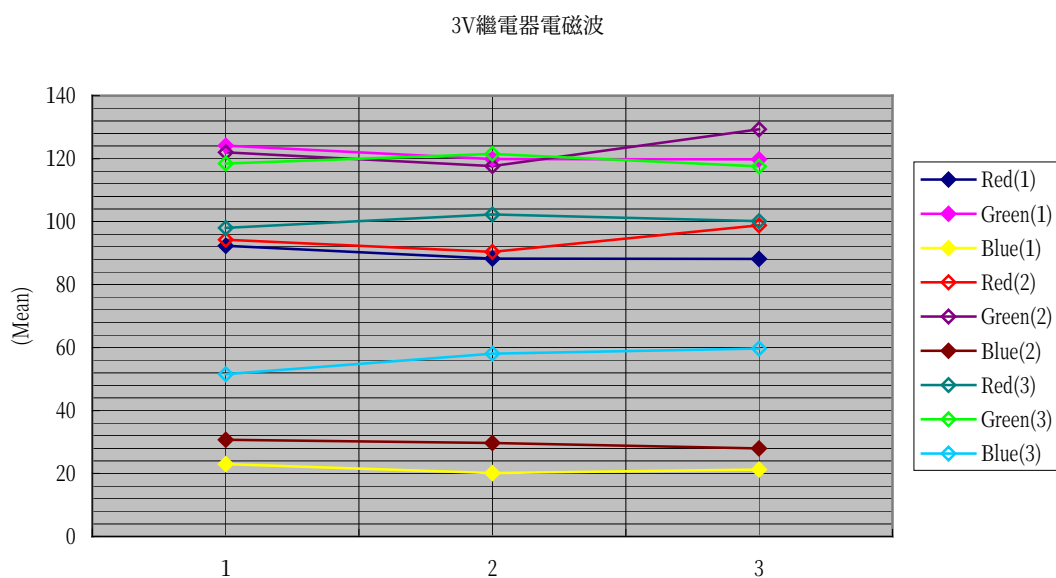
三次實驗後的結果如表(二)：

表(二)

溫度  $28^{\circ}\text{C}\pm 0.5^{\circ}\text{C}$

| Histogram (Mean) |            |             |            |             |            |       |                       |            |             |            |             |            |
|------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------|-----------------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| 3min(只有可見光)      |            |             |            |             |            |       | 57min (可見光+繼電器產生的電磁波) |            |             |            |             |            |
| 紅                |            | 綠           |            | 藍           |            |       | 紅                     |            | 綠           |            | 藍           |            |
| First Frame      | Last Frame | First Frame | Last Frame | First Frame | Last Frame |       | First Frame           | Last Frame | First Frame | Last Frame | First Frame | Last Frame |
| 1                | 92.31      | 88.30       | 124.09     | 119.85      | 23.00      | 20.11 | 88.30                 | 88.12      | 119.85      | 119.77     | 20.11       | 21.20      |
| 2                | 94.21      | 90.39       | 121.97     | 117.61      | 30.74      | 29.65 | 90.39                 | 98.82      | 117.61      | 129.37     | 29.65       | 27.98      |
| 3                | 98.05      | 102.31      | 118.46     | 121.53      | 51.59      | 58.01 | 102.31                | 100.17     | 121.33      | 117.50     | 58.01       | 59.66      |

將表(二)的數據繪製成折線圖表，結果如圖(三十六)。

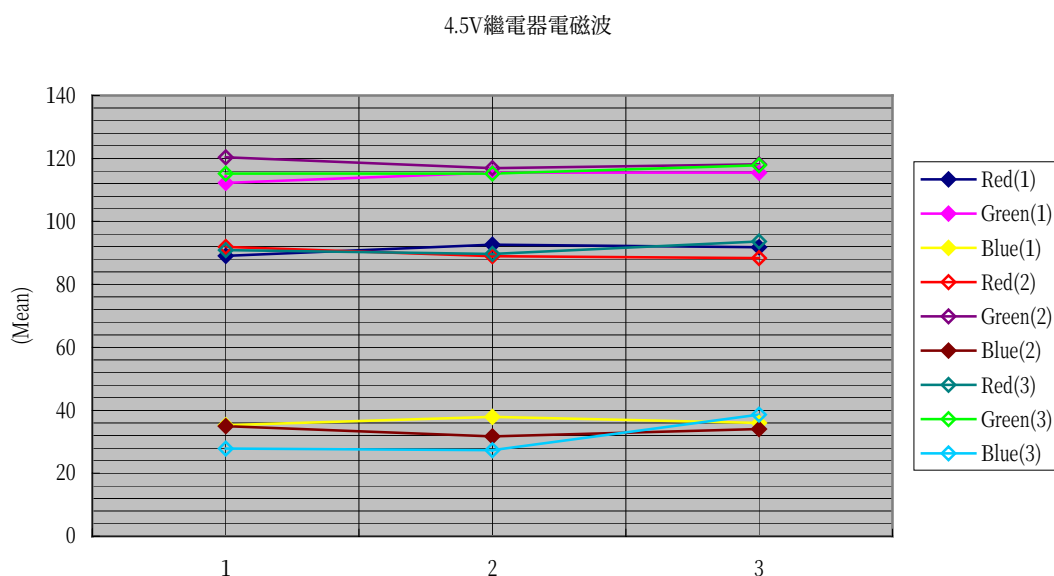


圖(三十六)

由圖(三十六)可知：前 3 分鐘(即橫軸中 1~2)只受可見光的影響，而後 57 分鐘(即橫軸中 2~3)受可見光並加上繼電器電磁波的影響，發現有上升與下降的趨勢。當前 3 分鐘上升而後 57 分鐘下降，表示水蘊草葉片受到繼電器發出的電磁波而產生光化學反應；相對的，前 3 分鐘下降而後 57 分鐘上升，亦是受電磁波的影響。由圖可知水蘊草葉片細胞受電磁波影響者為 5 項，總共有 9 項，故繼電器發出的電磁波對水蘊草葉片干擾後所產生光化學反應機率約 56%。

## (2) 4.5 伏特供應電磁波產生器之實驗

將三次實驗結果的數據繪製成折線圖表，結果如圖(三十七)。



圖(三十七)

由圖(三十七)可判讀水蘊草受繼電器發出的電磁波影響情形，判讀方法如前 3 伏特的實驗。由圖知水蘊草葉片對繼電器所發出的電磁波產生影響者為 7 項，總共有 9 項，故可知水蘊草葉片受電磁波影響後產生光化學反應的機率約 78%。

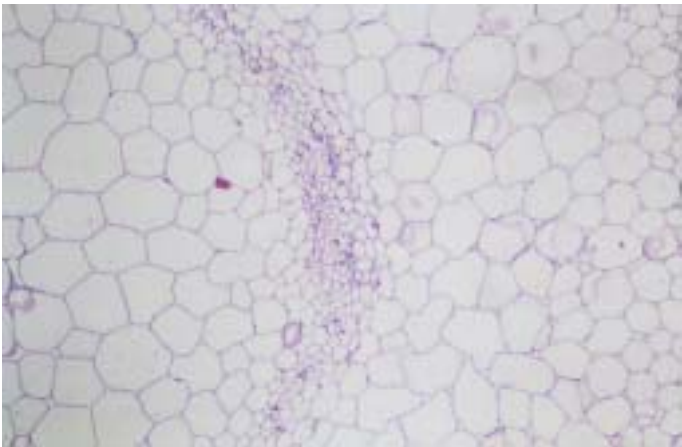
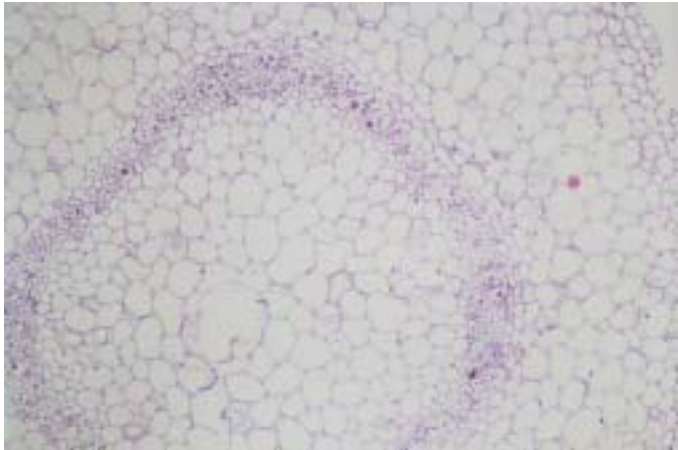
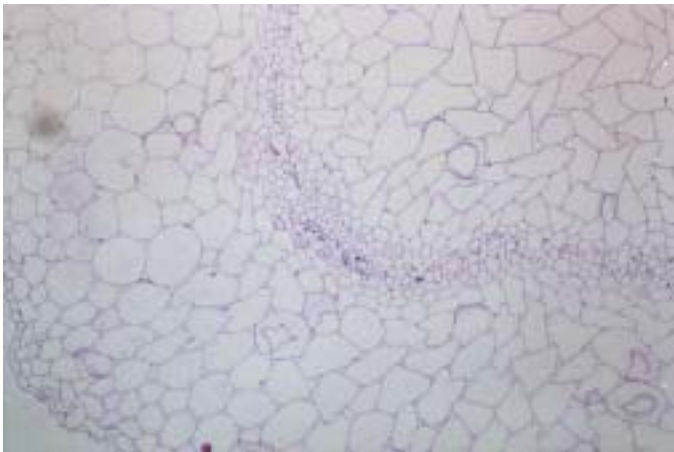
## 2.綠豆發芽實驗

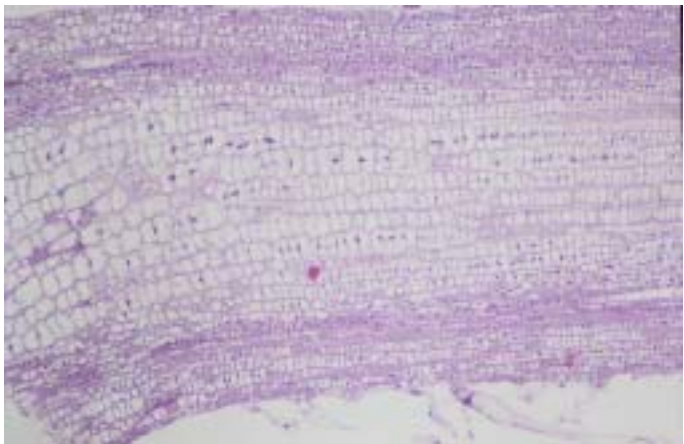
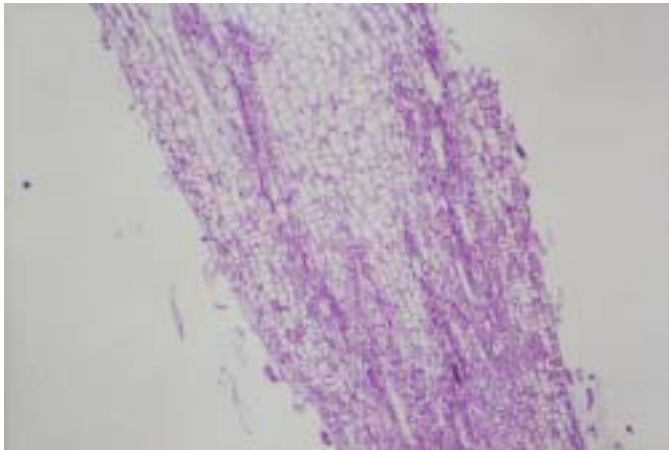
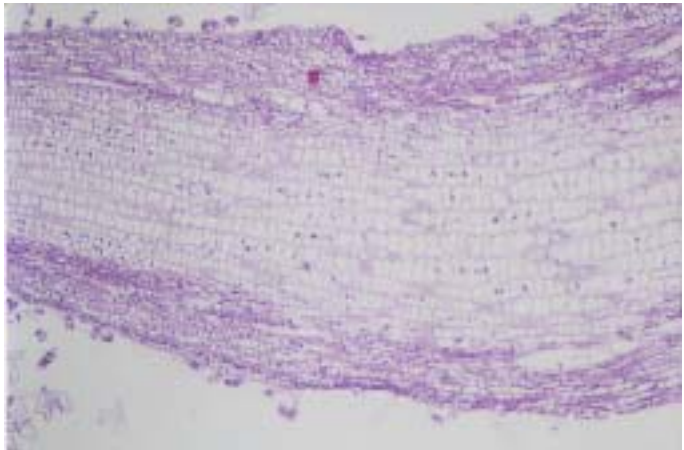
綠豆發芽實驗進行四天後，將 A、B、C 三圓筒的封套與蓋子打開，觀察發芽情形，其根、莖、子葉生長結果如下：

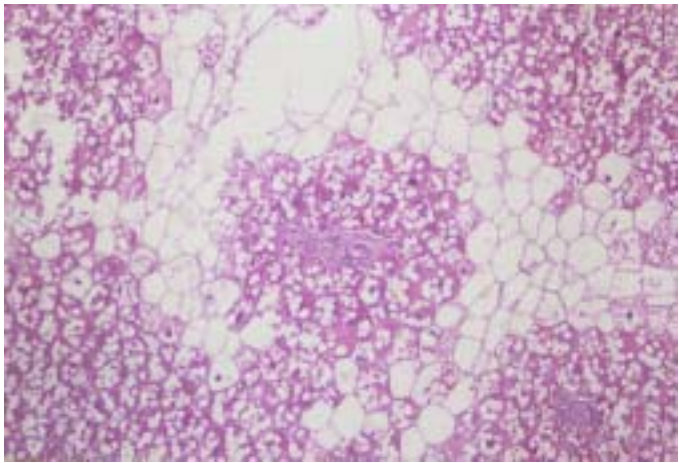
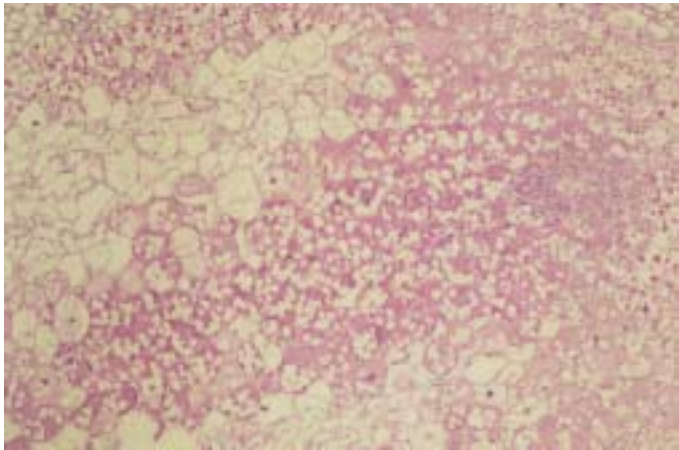
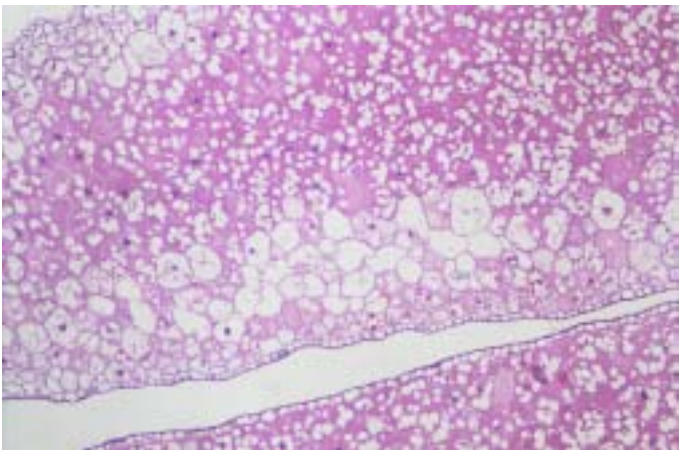
| 圓筒 | 情形           | 照片                                                                                  |                                                                                      |
|----|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| C  | 可見光          |    |    |
|    |              | 圖(三十八)                                                                              | 圖(三十九)                                                                               |
| B  | 無電磁波(無光)     |   |   |
|    |              | 圖(四十)                                                                               | 圖(四十一)                                                                               |
| A  | 電磁波(X為電磁波方向) |  |  |
|    |              | 圖(四十二)                                                                              | 圖(四十三)                                                                               |



將 A、B、C 三圓筒中的發芽綠豆進行切片、染色處理，結果如下：

|   |      | 莖                                                                                              |
|---|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | 電磁波  | <br>圖(四十四)   |
| B | 無電磁波 | <br>圖(四十五)  |
| C | 可見光  | <br>圖(四十六) |

|   |      | 葉                                                                                                  |
|---|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | 電磁波  |  <p>圖(四十七)</p>   |
| B | 無電磁波 |  <p>圖(四十八)</p>  |
| C | 可見光  |  <p>圖(四十九)</p> |

|   |      | 子葉                                                                                                 |
|---|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A | 電磁波  |  <p>圖(五十)</p>    |
| B | 無電磁波 |  <p>圖(五十一)</p>  |
| C | 可見光  |  <p>圖(五十二)</p> |

將以上莖、葉、子葉切片結果比較如表(三)

表(三)

|        | 莖           |             | 葉   | 子葉       |
|--------|-------------|-------------|-----|----------|
|        | 木質部<br>細胞大小 | 木質部<br>細胞形狀 |     | 透明區塊(脂肪) |
| A.電磁波  | 3           | 有菱角         | 差異小 | 2        |
| B.無電磁波 | 2           | 偏圓          | 差異小 | 1        |
| C.可見光  | 1           | 有明顯菱角       | 差異小 | 3        |

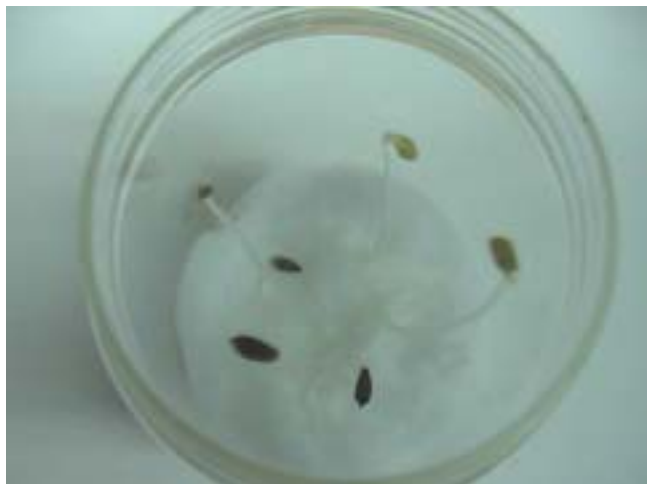
表中的數字越小代表實際情形越大(如 1 為最長 3 為最短)

### 3. 萵苣發芽實驗

萵苣發芽實驗進行三天之後，觀察生長情形如下：



圖(五十三) 正常可見光



圖(五十四) 電磁波隔離(暗室)



圖(五十五) 電磁波一A 圓筒



圖(五十六) 電磁波一B 圓筒



圖(五十七) 電磁波一C 圓筒





圖(五十八) 電磁波一D 圓筒



圖(五十九) 電磁波一E 圓筒

將以上三種不同環境的高莖生長情形比較：



圖(六十)

由電磁波—A 到 E 圓筒，五個圓筒中發現部分高莖莖部呈現排斥現象，而電磁波對根所產生的影響並不明顯。

此外，圖(六十)可略為看出受電磁波影響後的高莖平均長得比暗室和可見光的高莖還高。



## 貳、手機電磁波

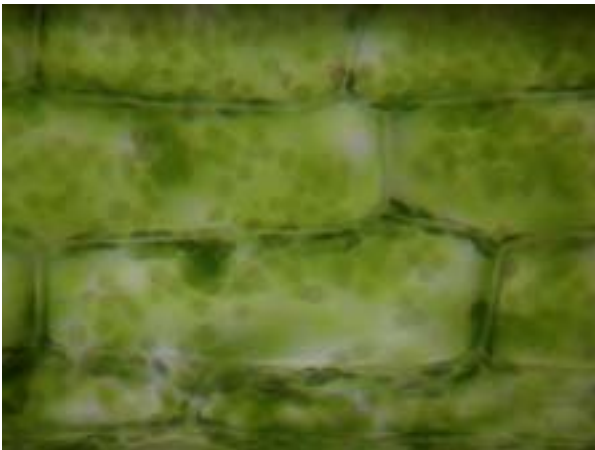
### (一)手機電磁波特性分析

本實驗所使用的手機與電信業者皆為 GSM 1800MHz 的系統，傳輸信號為數位脈衝信號，頻率固定為 1800MHz。電磁波在手機撥出電話到接通時最強，接通後，信號強度遞減到一定的強度，保持手機通訊的正常。

### (二)電磁波對水蘊草影響情形

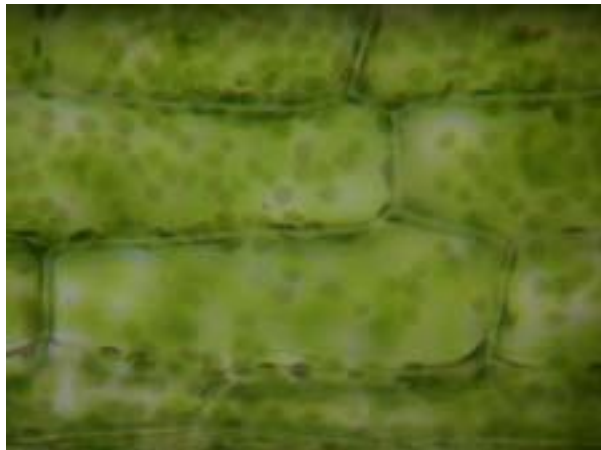
將手機橫放於顯微鏡置物台上，執行手機撥號程式，對水蘊草進行干擾實驗。

電磁波影響前

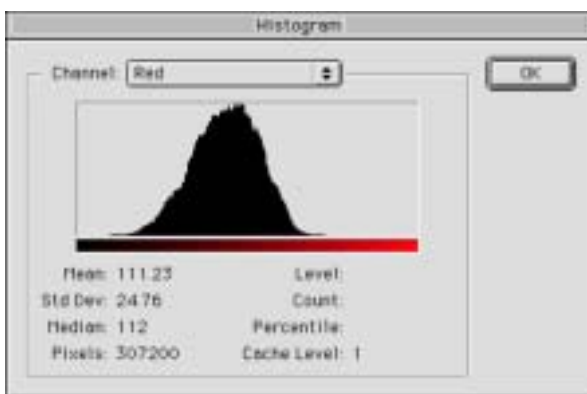


圖(六十一)

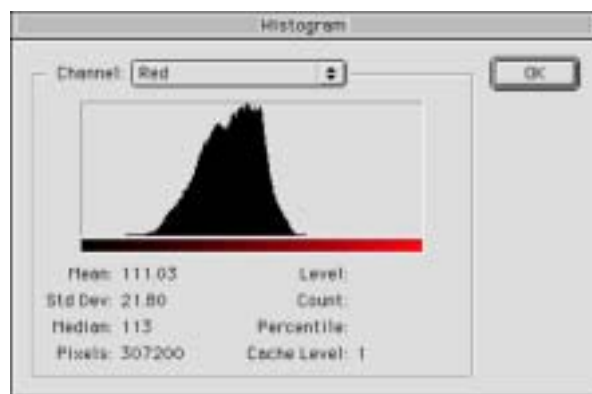
電磁波影響後



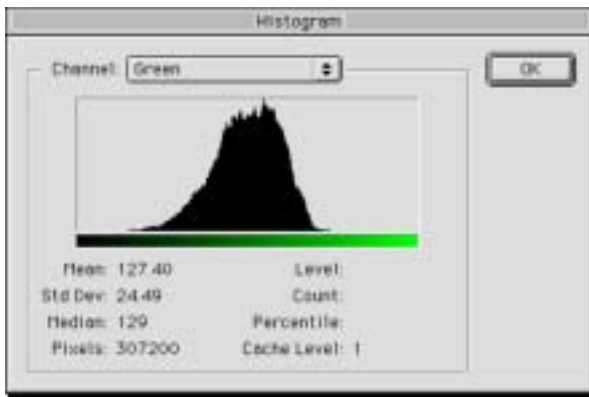
圖(六十二)



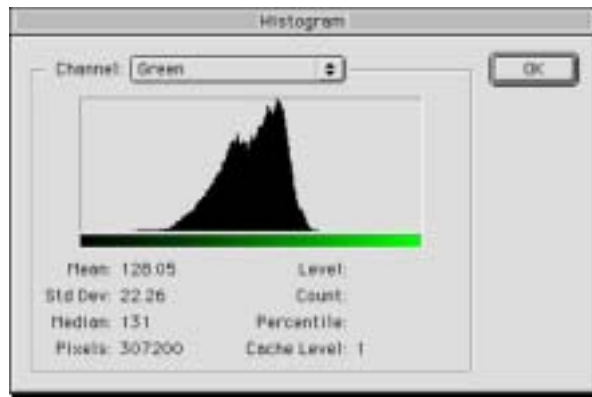
圖(六十三)



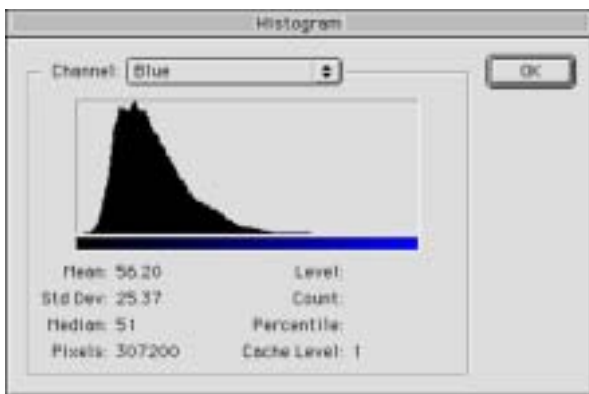
圖(六十四)



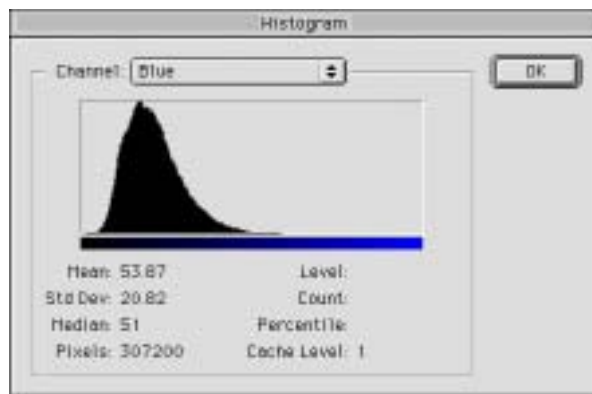
圖(六十五)



圖(六十六)



圖(六十七)



圖(六十八)

由前面圖(六十三)到(六十八)可知水蘊草受電磁波影響之後只有綠色 Mean 值有增加，其餘紅、藍 Mean 值皆減少。

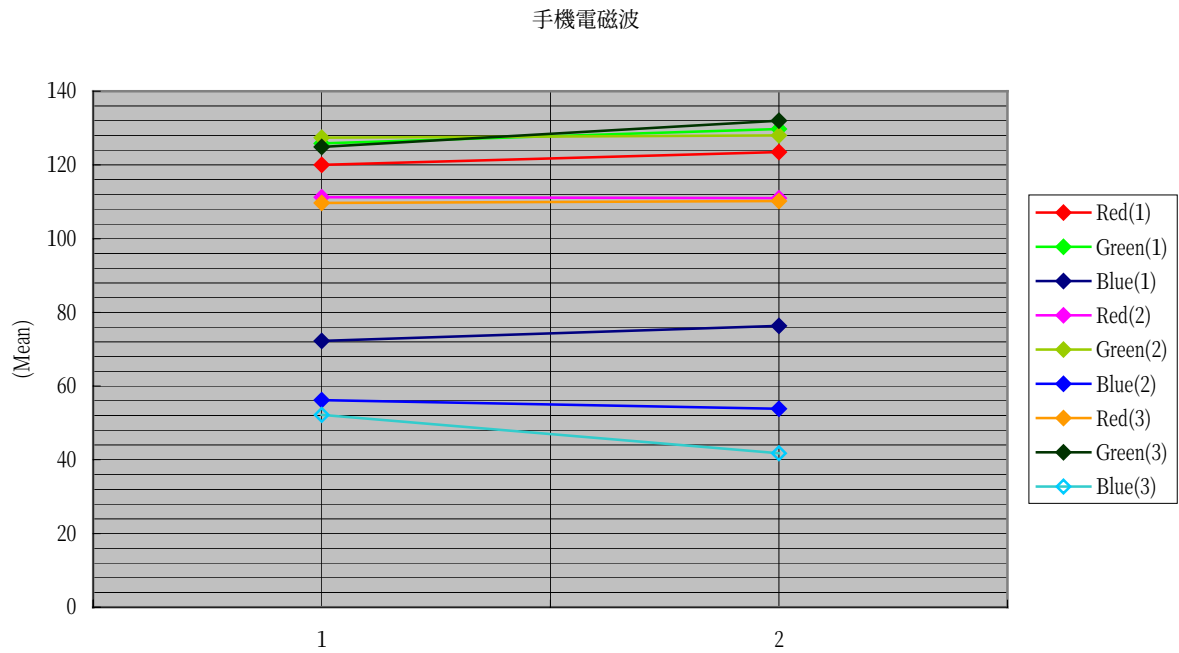
以上三次實驗後結果如表(四)

表(四)

溫度  $27^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$

|   | Histogram (Mean) |        |       |              |        |       |
|---|------------------|--------|-------|--------------|--------|-------|
|   | 20sec(只有可見光)     |        |       | 1hour(手機電磁波) |        |       |
|   | 紅                | 綠      | 藍     | 紅            | 綠      | 藍     |
| 1 | 120.06           | 125.85 | 72.25 | 123.46       | 129.72 | 76.38 |
| 2 | 111.23           | 127.40 | 56.20 | 111.03       | 128.05 | 53.87 |
| 3 | 109.68           | 124.89 | 52.22 | 110.22       | 131.98 | 41.76 |

將表(五)的數據繪製成折線圖表，結果如圖(六十九)。



圖(六十九)

由圖(六十九)可知受手機電磁波影響後，各色系之 Mean 值皆有上升與下降的情形，判讀方法如前，可知水蘊草葉片細胞因電磁波而有影響者為 6 項，總共有 9 項，故手機發出電磁波對水蘊草干擾後產生光化學反應的機率約 67%。

### (三)電磁波對植物的影響

#### 1.阿拉伯芥發芽實驗

##### (1)發芽率影響

表(五)

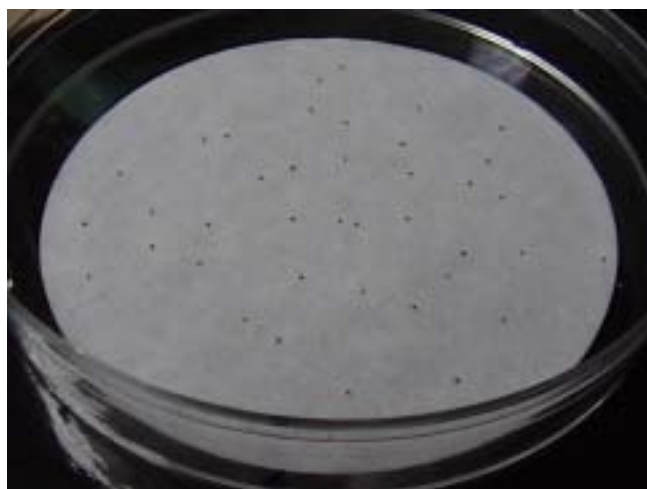
|             |       | 總計 (發芽數/種植數) |                     |
|-------------|-------|--------------|---------------------|
| 可見光         |       | 39/40 = 98%  |                     |
| 暗室          |       | 6/40 = 15%   |                     |
| 電<br>磁<br>波 | 培養皿 A | 16/40 = 40%  | 電磁波(A、B、C)平均<br>34% |
|             | 培養皿 B | 12/40 = 30%  |                     |
|             | 培養皿 C | 13/40 = 33%  |                     |

由表(五)可知，阿拉伯芥在可見光下的發芽率最高，受電磁波的影響則介於可見光與暗室之間，可能是阿拉伯芥吸收了手機電磁波而得以發芽生長，而暗室則由於完全隔離電磁波使阿拉伯芥較難發芽生長。

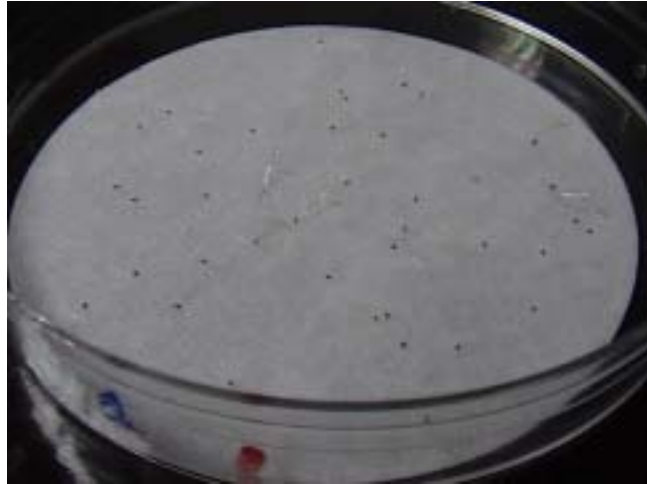
(2)生長情形



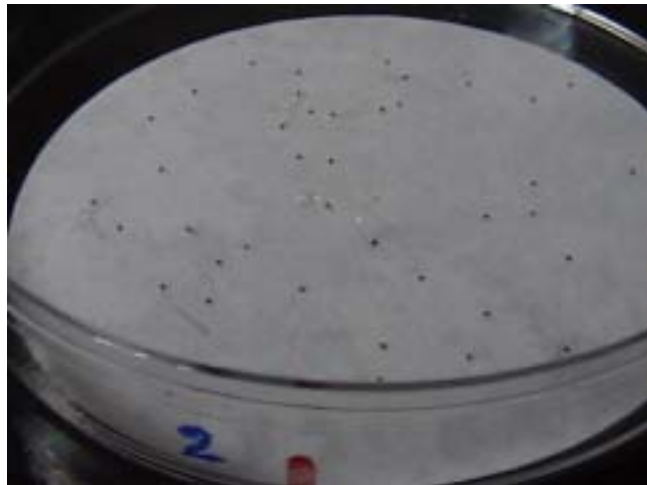
圖(七十) 正常可見光



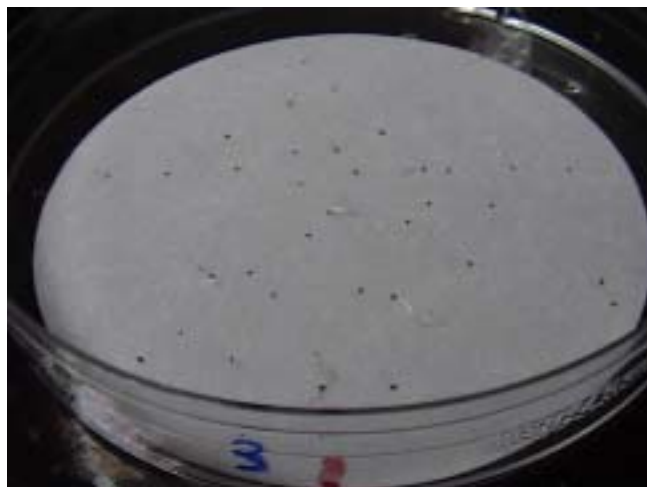
圖(七十一) 電磁波隔離(暗室)



圖(七十二) 電磁波一A 培養皿



圖(七十三) 電磁波一B 培養皿



圖(七十四) 電磁波一C 培養皿

## 2. 萵苣發芽實驗

### (1) 發芽率影響

表(六)

|             |       | 美國大球萵苣<br>(發芽/種植) | 半結球萵苣<br>(發芽/種植) | 稠葉萵苣<br>(發芽/種植) | 總計<br>(發芽/種植) |                             |
|-------------|-------|-------------------|------------------|-----------------|---------------|-----------------------------|
| 可見光         |       | 12/14 = 86%       | 14/14 = 100%     | 11/14 = 79%     | 37/42 = 88%   |                             |
| 暗室          |       | 14/14 = 100%      | 14/14 = 100%     | 9/14 = 64%      | 37/42 = 88%   |                             |
| 電<br>磁<br>波 | 培養皿 A | 14/14 = 100%      | 14/14 = 100%     | 11/14 = 79%     | 39/42 = 93%   | 電磁波<br>(A、B、C)平均<br><br>83% |
|             | 培養皿 B | 12/14 = 86%       | 13/14 = 93%      | 9/14 = 64%      | 34/42 = 81%   |                             |
|             | 培養皿 C | 12/14 = 86%       | 12/14 = 86%      | 8/14 = 57%      | 32/42 = 76%   |                             |

由表(六)中的總發芽率，可知可見光和暗室環境下的萵苣發芽率皆是 88%，而電磁波環境下的平均發芽率為 83%相對較低。可是，萵苣在電磁波—培養皿 A 的環境下發芽率卻是全部不同環境最高的(93%)，代表萵苣可能吸收了手機電磁波而受影響。但電磁波—培養皿 B 與 C 環境下的萵苣發芽率卻比其他環境還低，尤其電磁波—培養皿 C 為全部發芽率中最低的。

(2)生長情形



圖(七十五) 正常可見光



圖(七十六) 電磁波隔離(暗室)





圖(七十七) 電磁波一A 培養皿



圖(七十八) 電磁波一B 培養皿



圖(七十九) 電磁波一C 培養皿

萵苣在手機電磁波環境的生長情形，如圖(八十)。



圖(八十)

由上圖(八十)可見靠近中央的萵苣比外圍長得高，這是由於中央是手機電磁波的發射處，電磁波強度最高，電磁波強度的特性為”距離平方成反比”，離電磁波越遠則強度越弱。所以中心周圍的萵苣吸收了較多的電磁波，而外圍吸收較少，故中心周圍的萵苣長得比外圍的萵苣高。

## 七、討論

(一)本實驗植物分別選擇水蘊草、綠豆、萵苣及阿拉伯芥作為實驗的對象，主要有下列原因：

- 1.植物族群中具有演化差異的植物—水蘊草為演化較低等的植物而綠豆、萵苣及阿拉伯芥為較高等的植物。
- 2.易於實驗觀測—水蘊草葉片細胞結構簡單，使用顯微鏡容易觀測；而萵苣及阿拉伯芥可在短時間內發芽，能在短時間內得到實驗結果。
- 3.選擇萵苣是由參考資料(B-1)中得知萵苣對電磁波—紅光與遠紅光特別敏感，故用來作實驗。
- 4.阿拉伯芥的基因組是植物中最簡單的，限於設備，目前只選擇來作電磁波實驗，希望未來能再進一步進行基因檢測，以了解是否電磁波會影響基因改變。

(二)繼電器電磁波影響實驗中，發現 4.5V 的繼電器電磁波對水蘊草葉片的細胞影響大於 3V 的繼電器電磁波。由於電壓升高，使電磁波產生器的功率增加，電磁波的高頻成分相對增加，所以由實驗結果得知—高頻電磁波對水蘊草葉片的細胞生化反應影響較強。

(三)作水蘊草實驗時，使用電磁波產生器干擾，只要能隔離音場振動，由聲波實驗得知音波本身對水蘊草細胞之光化學反應影響很小。比較電磁波產生器與手機所產生的電磁波，可以發現到水蘊草對電磁波產生器較敏感，對手機電磁波的反應輕微，這是由於電磁波產生器發出的電磁波是寬頻，較能發出涵蓋對水蘊草”有反應”的特定頻率電磁波。

(四)由表(三)莖、葉、子葉切片結果比較知：電磁波對綠豆發芽生長之莖、子葉影響較鉅，其細胞之大小與形狀皆有異於正常之發育。

(五)由電磁波產生器產生之電磁波干擾實驗之光譜分析結果，得知水蘊草受電磁波干擾之後產生生化反應而釋放光譜，其中以藍色光譜所釋放出的純度為最大，然而本實驗使用之設備並非經校準之光譜儀，故實驗結果還需進一步鑑定。

(六)由觀察阿拉伯芥與萵苣在”手機電磁波”影響的生長情形，發現有共同的現象—受電磁波影響後的兩種植物都比可見光及暗室下的植物還高，而這個現象在”電磁波產生器”影響的萵苣生長亦有共同的特性，故以總實驗機率來看，電磁波對植物的生長確實有產生影響。此外，在手機電磁波環境下 A 培養皿中的發芽率大於 B、大於 C，仔細深究其原因後發現在培養皿 B、C 的後方有一個小變壓器與一面牆壁，而在培養皿 C 的左邊又有一台電腦，可以認定是由上述不同電磁波源所造成的實驗影響，故可以知道植物對電磁波的確是相當的”敏感”！

## 八、結論

無線電設備的使用目前是越來越廣泛，全球 GSM 手機用戶在 1998 年就已經超過了一億五千萬戶，電磁波充斥著我們的生活環境，而強度也逐漸增強，由本實驗結果知：水蘊草葉片細胞受電磁波干擾後，有光化學反應的平均為 67%，超過 50%！由綠豆、萵苣、阿拉伯芥植物生長的結果知：受電磁波影響後的植物都長得比一般環境下的植物還高！綜合本研究之光譜檢測、植物發芽、生長切片之結果，可知電磁波對植物的生長與生態影響甚鉅。倘若日常生活中的電磁波強度繼續增強時，是否會促進植物快速生長而解決糧食問題，抑或因植物發育過快影響食物鏈，進而造成全球生態的嚴重失衡呢？

## 九、參考資料

### A.期刊

- 1.古谷雅樹, 2001, 植物有「五感」嗎?, 牛頓雜誌, 219 期, p.111~p.117.

### B.圖書

- 1.楊冠政教授等, 生命科學 (上), 第二版, 龍騰文化, p.116~p.129, 2001.
- 2.沈允鋼, 地球上最重要的化學反應—光合作用, 牛頓出版社, 2001.
- 3.小山 壽, 恐怖的電磁波, 世茂出版社, 2000.
- 4.Herbert Fröhlich, Biological Coherence and Response to External Stimuli, Springer Verlag Press, p.87~p.101, 1988.
- 5.Carl H. Durney, Douglas A. Christensen, Basic Introduction to Bioeletromagnetics, CRC Press, 2000.
- 6.William G. Hopkins, Introduction to Plant Physiology, Second Edition, Wiley Press, p.367~p.389, 1999.

## 感謝

在此特別感謝成功大學提供實驗儀器與設備，尤其是生物系吳教授的指導，以及黃教授提供的阿拉伯芥種子，亦非常感謝老師林守輝的協助與指導，以及學校設備組提供的顯微鏡，此外，也感謝父母的鼓勵與弟弟幫忙打字等等，最重要的還是要感謝學校能夠舉辦此科學展覽活動，讓我們能在實驗的過程中學習。

## 附錄

### 附錄(一)

#### 數位攝影機和電腦的架設與安裝

- (1)將數位攝影機(DV)以三腳架架設好，使數位攝影機的鏡頭輕放於顯微鏡的接目鏡上。
- (2)在電腦上安裝 Apple i Movie、Adobe Photoshop 軟體。
- (3)用 Fire Wire(IEEE-1394)傳輸線連接數位攝影機及電腦即可。

### 附錄(二)

#### 紫外線殺菌

在每次實驗前都要進行紫外線的殺菌工作，用以預防在實驗過程中因細菌、黴菌等的干擾而影響實驗的結果，如下圖。



### 附錄(三)

#### (A)手機的改裝

- (1)將手機的螺絲用鉗子旋轉開來，手機的機殼即可打開。
- (2)用銲槍將手機的「確認(Yes)」與「取消(No)」按鍵金屬接點上銲上電線(焊接時要非常小心，以免造成手機的損壞)。
- (3)將電線從手機兩旁的孔隙穿出(已預先用刀子割開孔隙)。另外，將兩根電線用尖嘴鉗彎成圓圈狀。
- (4)最後將兩根彎好的電線配合手機的電池接點螺絲一起鎖到手機的機殼上。

#### (B)手機的設定

- (1)將手機開機後，鍵入「777」（777 為遠傳易付卡服務電話，此電話為電腦語音，可以免費撥打）。

(2)按「確認鍵(Yes)」撥通後，手機會自動記錄在「暫存撥出記憶體」內，如右圖。



- (3)最後，切換到手機的設定頁面，將手機的鬧鈴與喇叭音量全部關閉，如下圖。



### (C)自製的手機電源供應器

因為手機的原廠電源供應器需與手機電池一起搭配使用，無法獨自運作，故需自行製作一個“手機專用”的電源供應器。

(1)將電源供應器的+5V 可變電阻調整到輸出電壓為 4.9V，如下圖。

(2)在電源供應器的電源輸出端並聯接上一個 1000 $\mu$ F 的極性電容器(由於電源供應器無法在瞬間提供手機在開機與撥通時所需的強大電流，故要並聯一個大容量的電容器來當作緩衝，使手機能正常運作)。(在連接的時候要小心，因為電容器有極性+、-的分別，要+接+，-接-，以免造成電容器爆炸的危險)

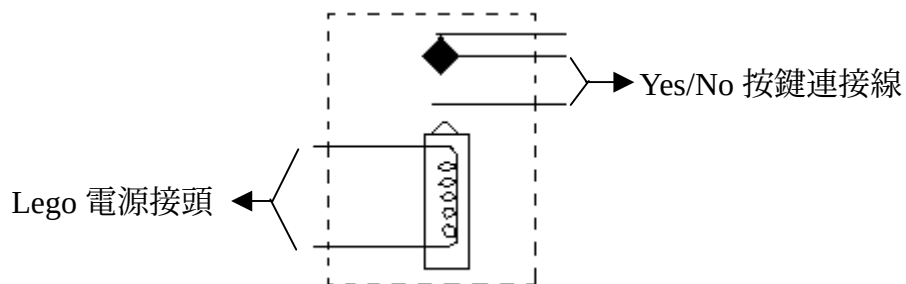
(3)最後把電源供應器的電源輸出端與手機的電池接點電線接好。



### (D)切換繼電器的連接

(1)將手機的“確認(Yes)”與“取消(No)”鍵的連接線照下圖的電路接到繼電器端點上。

(2)把繼電器的電源端點與“Lego 電源接頭”的電線一起接好，連接電路依照下圖所示。





#### 附錄(四)

手機控制程式共分為( I )手機開機、關機程式及( II )手機自動通話程式：

( I )手機開機、關機程式：

|    |             |
|----|-------------|
| 01 | to startup  |
| 02 | setpower 3  |
| 03 | tto "motorb |
| 04 | onfor 15    |
| 05 | wait 5      |
| 06 | onfor 2     |
| 07 | off         |
| 08 | end         |

#### 程式說明

|    |                   |
|----|-------------------|
| 01 | 呼叫 “startup” 程式   |
| 02 | 設定電功率值為 `3 級`     |
| 03 | 通知 `motorb`       |
| 04 | 啟動 `motorb` 1.5 秒 |
| 05 | 等待 0.5 秒          |
| 06 | 啟動 `motorb` 0.2 秒 |
| 07 | 全部停止              |
| 08 | 程式結束              |

## (II)手機的自動通話程式

|    |             |
|----|-------------|
| 01 | to call     |
| 02 | repeat 2880 |
| 03 | [setpower 3 |
| 04 | tto "motora |
| 05 | wait 92     |
| 06 | onfor 2     |
| 07 | wait 2      |
| 08 | onfor 2     |
| 09 | wait 200    |
| 10 | tto "motorb |
| 11 | onfor 2     |
| 12 | off]        |
| 13 | end         |

## 程式說明

|    |                              |
|----|------------------------------|
| 01 | 呼叫 “call” 程式                 |
| 02 | 重複執行程式 2880 次(從第 3 行到第 12 行) |
| 03 | 設定電功率值為 `3 級`                |
| 04 | 通知 `motora`                  |
| 05 | 等待 9.2 秒                     |
| 06 | 啟動 `motora` 0.2 秒            |
| 07 | 等待 0.2 秒                     |
| 08 | 啟動 `motora` 0.2 秒            |
| 09 | 等待 20 秒                      |
| 10 | 通知 `motorb`                  |
| 11 | 啟動 `motorb` 0.2 秒            |
| 12 | 全部停止                         |
| 13 | 程式結束                         |

註 1：程式循環 2880 次大約為一天的時間

註 2：“motora”與“motorb”皆為 Lego Dacta 介面卡的兩個輸出端(Output A& Output B)

## 附錄(五)

### 示波器的設置與測試

(1)將”頻譜分析計算模組卡”插入示波器的”外掛模組槽”，如下圖。



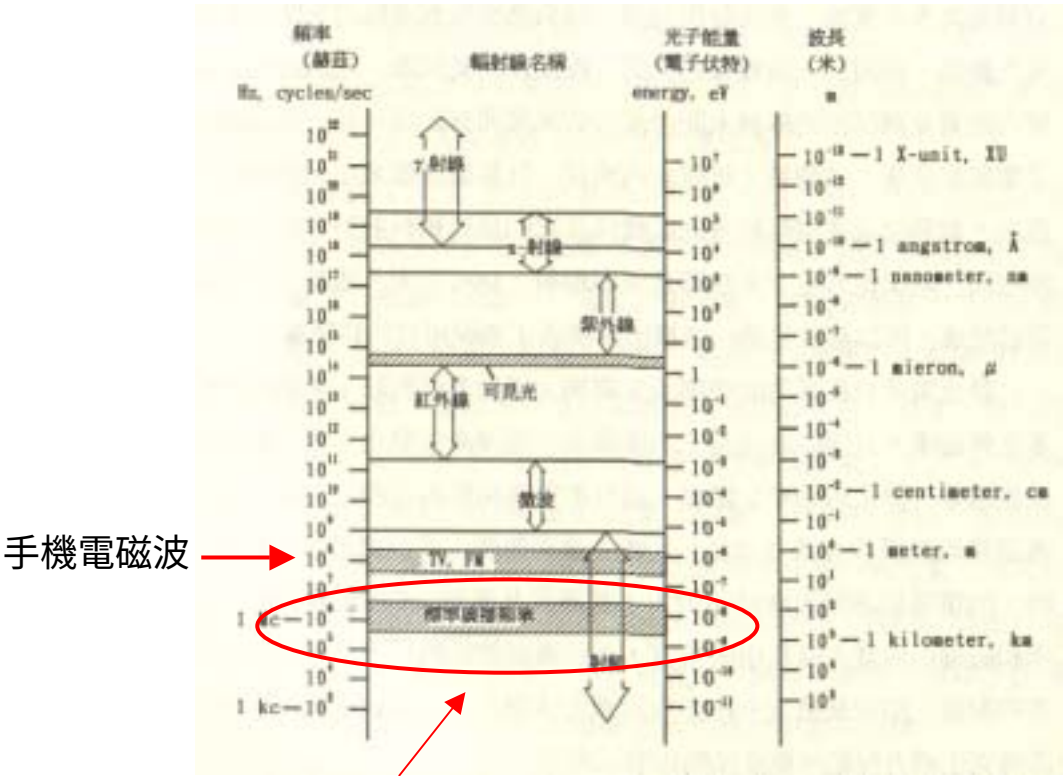
(2)把示波器的電源插上並開機，進行示波器的設定工作。

(3)將”測量棒”接到示波器上的頻道(Ch1)，並接到示波器內建所提供的標準測試信號端，用以確認示波器的設定與運作無誤，如下圖。



附錄(六)

電磁波波譜



繼電器產生的電磁波頻率範圍

附錄(七)

植物在生態中扮演的角色

